

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 40 37 901 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 01 S 3/10
// G 03 F 7/20

②1 Aktenzeichen: P 40 37 901.9
②2 Anmeldetag: 28. 11. 90
④3 Offenlegungstag: 4. 6. 92

GESCANNT AM

28. Mai 1999

Erl. ...*ok*.....

DE 40 37 901 A 1

⑦1 Anmelder:

Lambda Physik Gesellschaft zur Herstellung von
Lasern mbH, 3400 Göttingen, DE

⑦4 Vertreter:

Wuesthoff, F., Dr.-Ing.; Frhr. von Pechmann, E.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Behrens, D., Dr.-Ing.; Goetz,
R., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Hellfeld von, A.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Brandes, J., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Würtenberger, G.,
Rechtsanw., 8000 München

⑦2 Erfinder:

Rebhan, Ulrich, Dr., 3400 Göttingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen

⑤7 Ein Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen, bei dem die Akkumulation der Energiemengen der einzelnen Laserpulse mit einem Energiemeßgerät gemessen und die Laserpulse unterbrochen werden, wenn ein Dosissollwert der akkumulierten Energiemengen erreicht ist, sieht vor, daß zur Erhöhung der Genauigkeit der erzielten Energiedosis mehrere Laserpulse vor Erreichen des Dosissollwertes die Energiemenge der einzelnen Laserpulse reduziert wird.

DE 40 37 901 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen, bei dem die Akkumulation der Energiemengen der einzelnen Laserpulse mit einem Energiemeßgerät gemessen und die Laserpulse unterbrochen werden, wenn ein Dosissollwert der akkumulierten Energiemengen erreicht ist.

Bei einer Vielzahl von wissenschaftlichen, technischen und industriellen Anwendungen von gepulsten Lasern ist es erforderlich, die Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen exakt einzustellen (zu steuern). Hat die akkumulierte Gesamtenergiemenge der Vielzahl von Laserpulsen einen gewünschten Wert, der als Dosissollwert bezeichnet wird, erreicht, dann wird die Lasereinwirkung unterbrochen. Bedeutsam ist eine solche Dosissteuerung z. B. bei der Mikrolithographie mittels schmalbandiger Excimerlaser. Auch bei z. B. der Photore-sistbelichtung ist die akkumulierte Gesamtenergiemenge (Dosis) exakt einzustellen.

Eine solche exakte Einstellung der Dosis ist dann nicht mehr trivial, wenn die Energie der Laserpulse von Puls zu Puls nicht exakt konstant ist. Dies ist bei einer Vielzahl von gepulsten Lasertypen der Fall, z. B. bei Excimerlasern, Farbstofflasern, CO₂-Lasern, YAG-Lasern etc.

Liefert ein gepulster Laser pro Laserpuls eine typische Einzelpulsenergie E (welche, wie oben gesagt, von Puls zu Puls statistischen Schwankungen unterliegen kann), dann ist die akkumulierte Gesamtenergie (auch Dosis genannt) über alle Pulse gegeben durch

$$D = \sum_{n=1}^N E_n \quad (1)$$

Dabei ist E_n die Energie des n-ten Pulses und es liegen insgesamt N Laserpulse vor.

Nimmt man einen Mittelwert E für die mittlere Einzelpulsenergie, dann ergibt sich die Dosis aus

$$D = N \times E \quad (2)$$

Wegen der statistischen Fluktuationen der Einzelpulsenergiwerte wird in der Praxis die Laserpulszahl N zur Erreichung eines gewünschten Dosissollwertes D_s nicht konstant sein.

Die absolute Genauigkeit, mit der der Dosissollwert D_s erreicht werden kann ist gegeben durch

$$\Delta D = |D_s - D| \approx E \quad (3)$$

Daß heißt, der gewünschte Dosissollwert D_s kann etwa auf die Energie eines einzigen Laserpulses genau eingestellt werden.

Der relative Fehler der Energiedosissteuerung liegt bei

$$\frac{\Delta D}{D} \approx \frac{1}{N} \quad (4)$$

Die relative Genauigkeit, mit der also der Dosissollwert D_s erreicht werden kann, kann mittels der Gesamtzahl N der Laserpulse eingestellt werden. Dies gilt für den Stand der Technik.

Soll bei einer industriellen Anwendung der Durchsatz optimiert werden, dann ist es meist erwünscht, die Anzahl N der verwendeten Laserpulse möglichst gering zu halten. Dies führt jedoch bei der vorstehend beschriebenen Steuerung der Dosis zu einer Einbuße an Genauigkeit der Dosis.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen zu schaffen, bei dem mit einfachen Mitteln ein vorgegebener Dosissollwert mit hoher Genauigkeit bei geringer Anzahl von Laserpulsen erreichbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß mehrere Laserpulse vor Erreichen des gewünschten Dosissollwertes die Energiemenge der einzelnen Laserpulse reduziert wird.

Erfindungsgemäß wird also bis zum Erreichen eines relativ hohen Prozentsatzes des Dosissollwertes D_s mit der vollen Laserpulsenergie E gearbeitet. Dann wird vor Erreichen des Dosissollwertes mit reduzierter Pulsenergie α E (α < 1) weitergearbeitet, bis der Dosissollwert erreicht ist.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren mit einem herkömmlichen Verfahren der oben beschriebenen Art in der Tabelle verglichen:

	Verfahren gem. Stand d. Technik	Verfahren mit variabler Pulsenergie
Dosissollwert	D _s	D _s
akkumulierte Dosis	D = N × E	D = (N - n) × E + (n/α)(αE)
absoluter Fehler	ΔD ≈ E	ΔD ≈ (αE)
relativer Fehler	ΔD/D ≈ 1/N	ΔD/D ≈ α/N

Falls $\alpha = 0,1$ gewählt wird und etwa 20 Laserpulse zum Erreichen des Dosissollwertes erforderlich sind, so steigt die relative Genauigkeit von ca. 5% für das herkömmliche Verfahren auf ca. 0,5% für das Verfahren mit variabler Laserpulsenergie. Die Anzahl der benötigten Laserpulse erhöht sich aber nur um etwa $\alpha^{-1} - 1$, d. h. in diesem Beispiel von ca. 20 auf 29 Pulse. Mit dem herkömmlichen Verfahren kann die Genauigkeit von 0,5% nur mit etwa 200 Laserpulsen erreicht werden.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch einen Laser mit gepulster Emission;

Fig. 2A und 2B ein erstes Ausführungsbeispiel eines Abschwächers und dessen Transmissionskurve; und

Fig. 3, 4 und 5 verschiedene Ausführungsbeispiele von Abschwächern.

Fig. 1 zeigt einen Laser 10, der auf einer optischen Achse A gepulste Laserstrahlung emittiert. Zunächst hat der Laser Pulse 16, 16', 16'', 16''' mit jeweils einer Energiemenge E emittiert. Ein Teil der emittierten Strahlung wird an einem teildurchlässigen Spiegel 18 zu einem Energiemeßgerät 22 abgelenkt. Die durch den teildurchlässigen Spiegel 18 in Richtung der Achse A durchtretende Strahlung (also der Hauptteil der Energie) wird auf ein Werkstück 20 gelenkt, beispielsweise zur Durchführung von Mikrolithographie. Der zum Energiemeßgerät 22 abgelenkte Teilstrahl 24 enthält z. B. 1% der Gesamtenergie.

Nachdem ein entsprechender Anteil des Laserpulses 16''' das Energiemeßgerät 22 erreicht hat, wird festgestellt, daß z. B. 90% des gewünschten Dosissollwertes D_s erreicht sind. Danach wird der Abschwächer 12 so um einen Winkel ϕ in bezug auf die Achse A gedreht, daß die Energie jedes einzelnen Laserpulses geringer ist als bei den Pulsen 16 – 16'''. Dies ist durch die kürzer gezeichneten Laserpulse 14, 14', 14'' angedeutet. Sobald dann die weiteren, geschwächten Laserpulse 14, 14', 14'' etc. eine hinreichende Energiemenge akkumuliert haben, die dem Dosissollwert D_s entspricht, wird die Laserstrahlung unterbrochen bzw. das Werkstück 20 bewegt, um an einer anderen Stelle bearbeitet zu werden.

Anstelle mittels des Abschwächers 12 kann auch die Energie des Lasers 10 direkt geändert werden, bei einem Excimerlaser z. B. durch Einstellung der Hochspannung.

Die Fig. 2A und 2B illustrieren einen rotierenden Abschwächer 12, dessen Transmission T vom Drehwinkel ϕ abhängt.

Fig. 3 zeigt einen Abschwächer mit einer rotierenden Scheibe 26, an der ein Filtersegment 28 befestigt ist, dessen Transmission kleiner als 1 ist.

Die Fig. 4 illustriert ein Stufenfilter mit drei verschiedenen Segmenten 28, 30, 32 unterschiedlicher Transmission, welche im Laserstrahl angeordnet werden können.

Fig. 5 zeigt einen Abschwächer mit rotierender Scheibe und einem Filter 34 mit kontinuierlich abnehmender Transmission.

Die rotierenden Abschwächer werden bezüglich ihrer Drehzahl an die Pulsfolgefrequenz des Lasers angepaßt, wobei die Synchronisation des rotierenden Abschwächers mit der Laserpulsfolge z. B. mittels einer Lichtschranke erfolgen kann.

Patentanspruch

Verfahren zum Steuern der Gesamtenergiemenge einer Vielzahl von Laserpulsen, bei dem die Akkumulation der Energiemengen (E) der einzelnen Laserpulse mit einem Energiemeßgerät (22) gemessen und die Laserpulse (14, 16) unterbrochen werden, wenn ein Dosissollwert (D_s) durch Akkumulation der Energiemengen (E) erreicht ist, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Laserpulse vor Erreichen des Dosissollwertes (D_s) die Energiemenge (E) der einzelnen Laserpulse reduziert wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 1

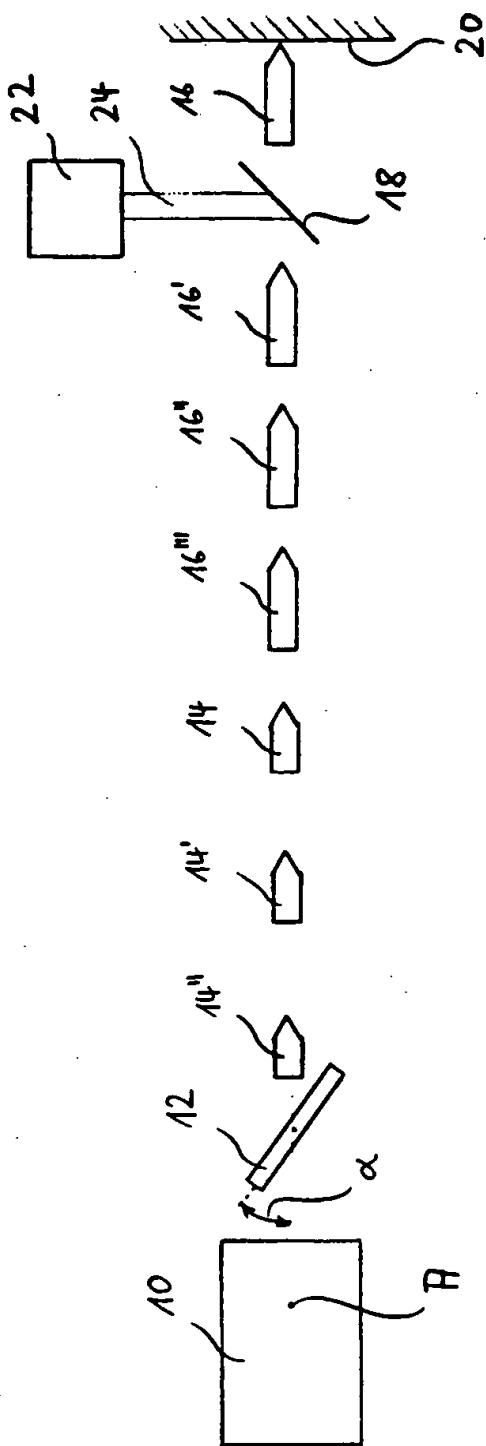


Fig. 2A

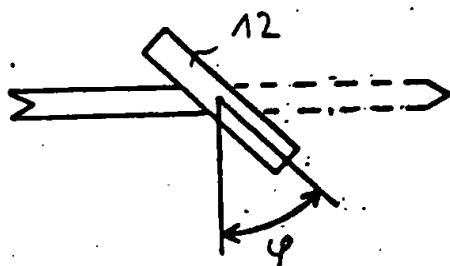


Fig. 2B

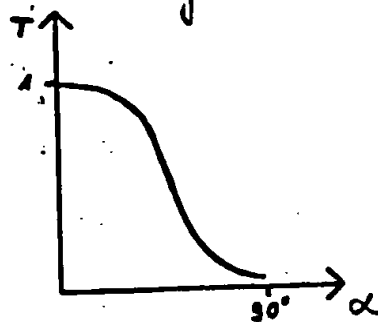


Fig. 3

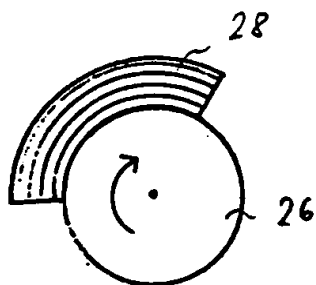


Fig. 4

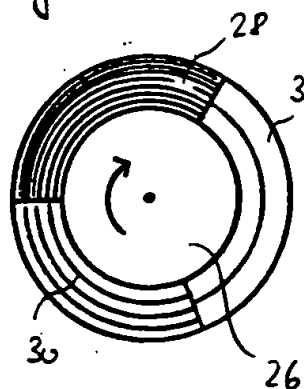


Fig. 5

